



## II-113 - ACELERAÇÃO DO PROCESSO DE CO-COMPOSTAGEM DE LODO DE ESGOTO ATRAVÉS DO ACOMPANHAMENTO PELO MÉTODO RESPIROMÉTRICO

### **Edvaldo José Scoton<sup>(1)</sup>**

Biólogo pela Universidade do Sagrado Coração de Bauri-SP, Tecnólogo em Processamento de Dados pela Faculdade de ciências da Unesp Câmpus de bauri, Mestre em Engenharia de Produção pela Faculdade de Engenharia da Unesp Câmpus de Bauri .

### **Rosane Aparecida Gomes Battistelle**

Engenheira Civil pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus Bauri, Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP), Professora Adjunta da Faculdade de Engenharia de Bauri (FEB) – UNESP - Câmpus de Bauri

### **Erich Kellner**

Graduação em Engenharia Civil (UFSCar, 1993); Mestrado em Engenharia Civil: Área de Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, (1996); Doutorado em Engenharia Civil: Área de Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (2000); Pós-Doutorado em Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (2008).

### **Jorge Akutsu**

Engenheiro Civil pela Universidade de São Paulo (USP) – Câmpus São Carlos, Doutor em Engenharia Civil na área de Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP, Professor Adjunto da Universidade Federal de São Carlos

### **João Sérgio Cordeiro**

Engenheiro Civil (EESC/USP, 1975); Mestre em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP, 1981); Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP, 1993).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Azarias Leite, 10-38 – Ap.154 - Bauri – SP - CEP: 17015-210 - Brasil - Tel: (14) 997936886 - e-mail: [scoton@hotmail.com](mailto:scoton@hotmail.com)

### **RESUMO**

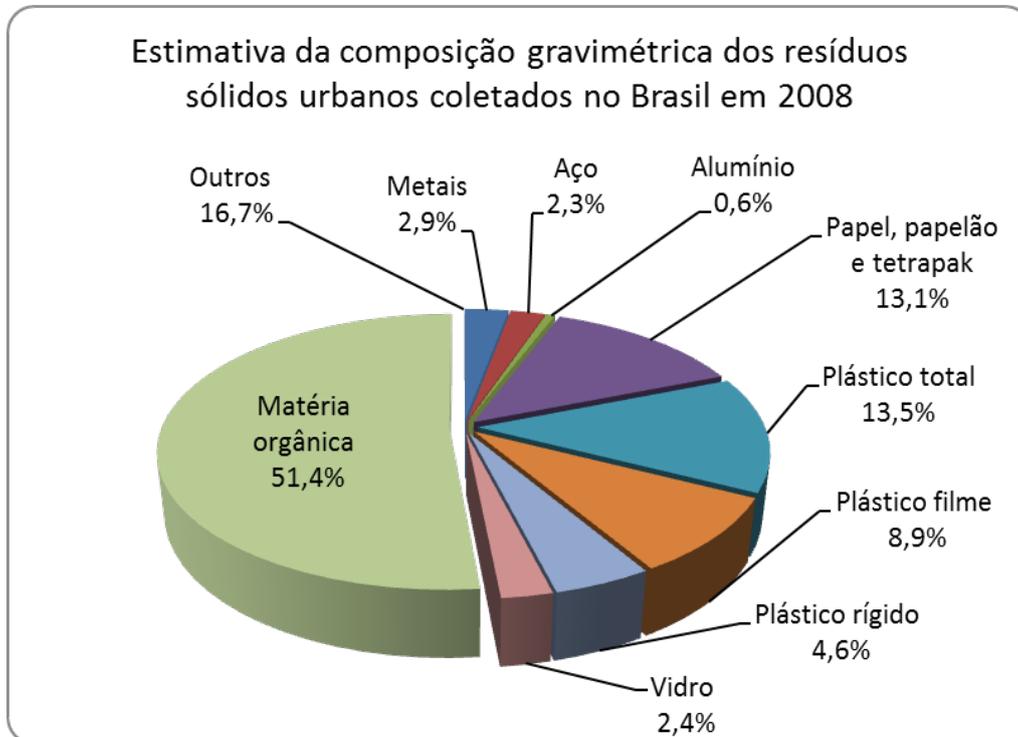
Este estudo aborda a co-compostagem experimental de lodo de esgoto, resíduos de bagaço de cana de açúcar e borra de pó de café por meio da análise gasosa, utilizando um reator hermético rotacional automatizado, para a avaliação dos parâmetros de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e as demais variáveis obtidas durante o processo. O emprego do processo de compostagem tradicional apresenta um alto grau de empirismo utilizado no controle e avaliação do processo, que consiste na leitura diária de temperatura. Foi desenvolvido um reator rotatório e hermético com analisador de gases, utilizando o método respirométrico, no qual os parâmetros de degradação biológica dos resíduos são quantificados na fase gasosa, tendo como vantagens maior representatividade, precisão e confiabilidade. Outra particularidade deste trabalho é a utilização do reator hermético com a utilização de ciclos de purga dos gases. A purga era realizada quando a porcentagem de oxigênio atingia 5% , ocorrendo a eliminação da mistura gasosa (com alto índice de CO<sub>2</sub>) e a introdução de ar ambiente com índice de cerca de 21% de O<sub>2</sub>, e assim, sucessivamente, até que haja estabilização do composto. Os resultados foram muito superiores, quando comparados ao método tradicional pela obtenção dos dados em tempo real e a estabilização do composto em 39 dias, enquanto que no processo convencional, estes dados se resumiriam a uma medição diária de temperatura e com um tempo médio de 90 dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos, lodo de esgoto, compostagem, método respirométrico.

### **INTRODUÇÃO**

A preocupação com a destinação dos resíduos sólidos tem alcançado patamares cada vez maiores em todos os setores da sociedade. Esta preocupação aumentou devido à crescente produção de lixo nos grandes centros urbanos e pela evidente negligência resultante do Poder Público, Legisladores, Administradores e, conseqüentemente, pela população mais carente que não dispõe de condições financeiras e, muito menos, uma educação ambiental.

A Figura 1 mostra a composição dos resíduos sólidos coletados no Brasil em 2008, segundo o Plano Nacional de Resíduos sólidos (2012), e através dele, verifica-se que 51,4% de todo resíduo coletado, trata-se de matéria orgânica.



**Figura 1 – Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008. Fonte: Adaptado Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2012.**

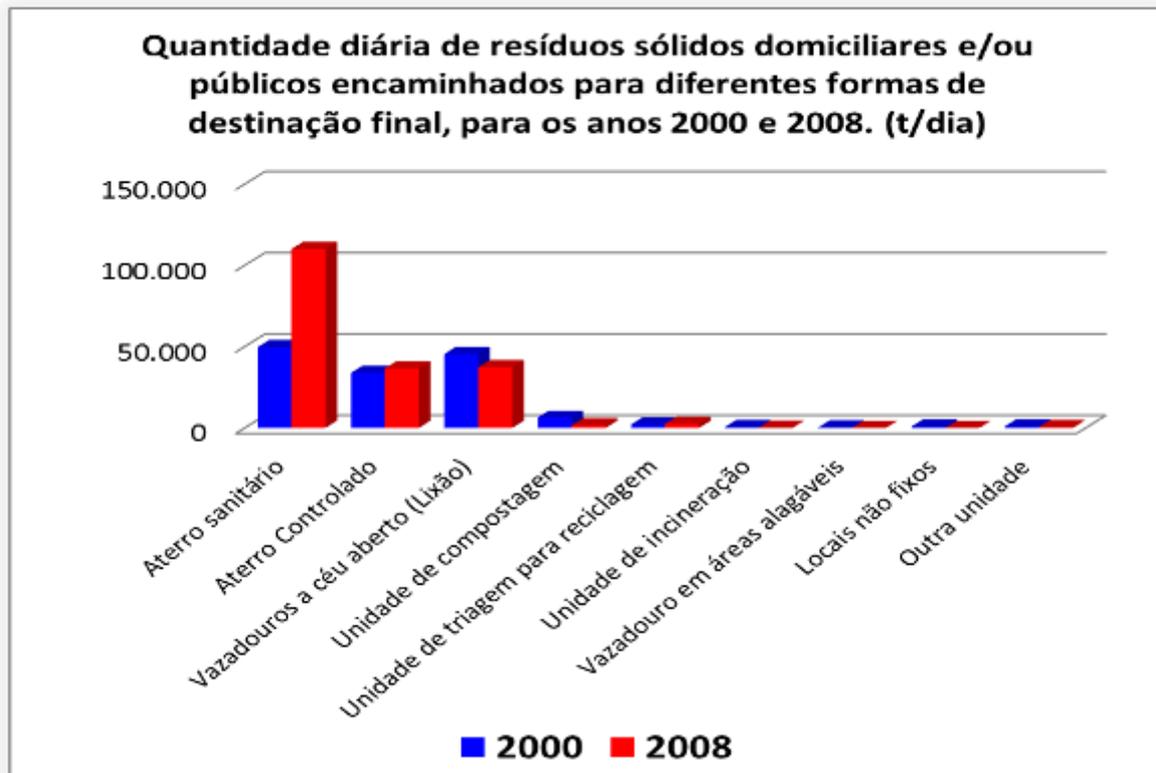
O processo de compostagem pode ser considerado uma das alternativas mais adequadas sob o ponto de vista ambiental, para correta destinação dessa matéria orgânica, promovendo maior e mais apropriada reciclagem em termos de material e de energia, quando comparado com outros métodos.

Kiehel (1998) define a compostagem como sendo

*“um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação que se dá pela oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: uma inicial e rápida de fitotoxicidade ou de composto denominado cru ou imaturo, seguida da segunda fase denominada de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente uma terceira fase denominada de cura, maturação ou mais tecnicamente de humificação. Durante todo o processo ocorre produção de calor e desprendimento principalmente de CO<sub>2</sub> e vapor d’ água.”*

Entretanto, o emprego do processo de compostagem no Brasil e no mundo, de uma maneira geral, é ainda bastante restrito, quando comparado ao método do aterro sanitário, principalmente pelo fato de exigir maior investimento inicial, apresentar maior dificuldade operacional e custo unitário de tratamento bem superior ao referido método, entretanto, a preocupação em realizar pesquisas relacionadas a esse tema tem se intensificado nos últimos anos (FERNANDES, 2010).

Observa-se que através da Figura 2, segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012), que a destinação para unidade de compostagem, que correspondia em 2000 a 4,5% como destinação final, do total de toneladas/dia, caiu em 2008 para apenas 0,8% desta destinação.



**Figura 2 – Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final, para os anos 2000 e 2008. Fonte: Adaptado do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2012.**

A disposição e tratamento do lodo de esgoto é um problema caro e ambientalmente sensível nos países desenvolvidos. As vias de eliminação tradicionais de lodo de esgoto, espalhando e eliminando-o no mar, tem sido banido ou cada vez mais restrito, com a introdução de uma legislação mais rigorosa (RODRIGUEZ *et al.*, 2013; KHIARI *et al.*, 2008; AGRAWAL e SINGHAND, 2007).

Segundo Barrena *et al.* (2011), a compostagem é considerada uma alternativa mais sustentável em relação ao aterro e incineração de gestão de resíduos de alimentos, mas apenas 0,85 milhões de toneladas de 20,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos recuperados em os EUA para compostagem (SAER *et al.*, 2013; PETIOT, 2004) e no Brasil, conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012), do total estimado de resíduos orgânicos que são coletados (94.335,10 t/d) somente 1,6% (1.509 t/d) é encaminhado para tratamento via compostagem.

Este estudo objetiva abordar o problema do tratamento de resíduos sólidos orgânicos provenientes das estações de tratamento de esgoto, através de pesquisa experimental de co-compostagem com resíduos de bagaço de cana de açúcar e borra de pó de café. No processo desenvolvido, denominado de método respirométrico (GEA *et al.*, 2004), utilizou-se metodologia na qual os parâmetros de degradação biológica dos resíduos são quantificados na fase gasosa, buscando-se maior representatividade, precisão e confiabilidade nos resultados obtidos, por ser um processo de avaliação de substância totalmente homogênea.

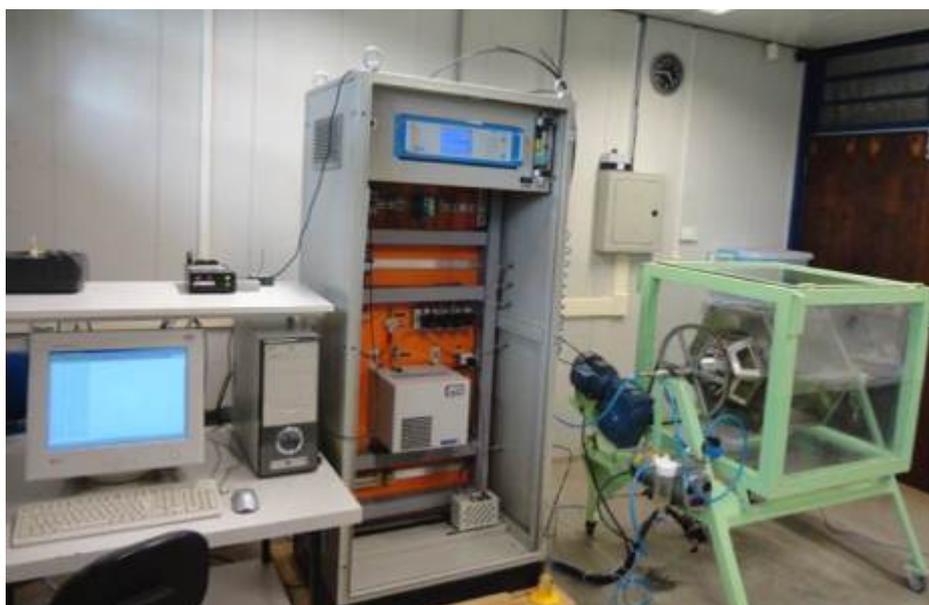
## MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa aborda o método respirométrico, através de projeto experimental realizado na Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus Bauru, através de metodologia de avaliação, acompanhamento e controle operacional do processo de co-compostagem de lodo de esgoto, bagaço de cana

de açúcar e borra de pó de café. Neste método, os parâmetros de degradação biológica dos resíduos orgânicos, são mensurados na fase gasosa, garantindo homogeneidade dos resultados em tempo real.

O método respirométrico, mensura a velocidade, taxa de consumo de oxigênio e a taxa de geração de subprodutos gasosos decorrentes da atividade respiratória de uma biomassa ativa quando as mesmas efetuam a degradação biológica de um substrato orgânico, sendo efetuadas em meios líquidos ou gasosos (LASARIDI e STENTIFORD, 1998; SCAGLIA *et al.*; 2005; KALAMDHAD *et al.*, 2008).

Os experimentos para avaliação do método respirométrico foram conduzidos nas instalações do projeto piloto de compostagem (Figura 3), com os equipamentos desenvolvidos para a análise experimental de compostagem.



**Figura 3: Estrutura do processo de experimentos de compostagem formada basicamente por: tambor rotativo, analisador de gases e microcomputador para aquisição de dados.**

Os equipamentos utilizados foram um reator rotativo de 90 litros, instalado no interior de uma caixa fechada com vidros duplos (para minimizar a variação de temperatura) um analisador de gases e um microcomputador para aquisição dos dados e o controle do tambor rotativo.

O equipamento utilizado para analisar os gases conta com dois conjuntos de sopradores (bombas de ar), um destinado à alimentação do reator e outro destinado à recirculação. Conectados à linha de recirculação, tem-sei um equipamento medidor (dispositivo modelo S710, fabricado pela empresa Sick Maihak), que apresenta um display e registra os valores de concentração dos gases em termos percentuais (%O<sub>2</sub> e %CO<sub>2</sub>), apresentando registro de dados em intervalos de 1s a 600s. Este equipamento tem uma interface de comunicação serial que envia os dados para um computador, que os recebe de forma “on line” no formato de uma sequência de caracteres alfanuméricos (string). Um software específico desenvolvido na Unesp Bauri, recebe esses dados e separa as informações relativas aos níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

De acordo com os níveis percentuais de concentrações dos gases, o software controla ainda um mecanismo de hardware que permite injetar uma concentração desejada e pré-estabelecida de ar no interior do reator, para o consumo das bactérias envolvidas na degradação dos resíduos. Nesta pesquisa trabalhou-se com níveis de O<sub>2</sub> entre 5% e 20%.

O lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) foi utilizado in natura (Figura 4), com alto percentual de umidade, em co-compostagem com os resíduos de bagaço de cana-de-açúcar (Figura 5) e borra de pó de café (Figura 6), além de água.



**Figura 4: Lodo de esgoto da ETE Alfredo Guedes.**



**Figura 5: Bagaço de cana-de-açúcar.**



**Figura 6: Borra de pó de café desidratado.**

A Tabela 1 apresenta a análise dos resíduos de cana-de-açúcar e borra de café, realizados pelo Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da Unesp de Botucatu. O nitrogênio foi determinado pelo método de oxidação com ácido perclórico; e o carbono, pela queima em mufla.

**Tabela 1 – Análises laboratoriais realizadas pelo Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da Unesp de Botucatu.**

Amostras	C%	N%	U-65°C%	C/N	pH
Borra de pó de café	16,18	0,77	68,14	21/1	5,95
Bagaço de cana	41,69	0,46	4,82	91/1	4,84

A quantificação de cada um dos resíduos utilizados, estão apresentados na Tabela 2. Esses valores foram adotados para se garantir os parâmetros ótimos de umidade e relação carbono/nitrogênio (RUSSO, 2003).

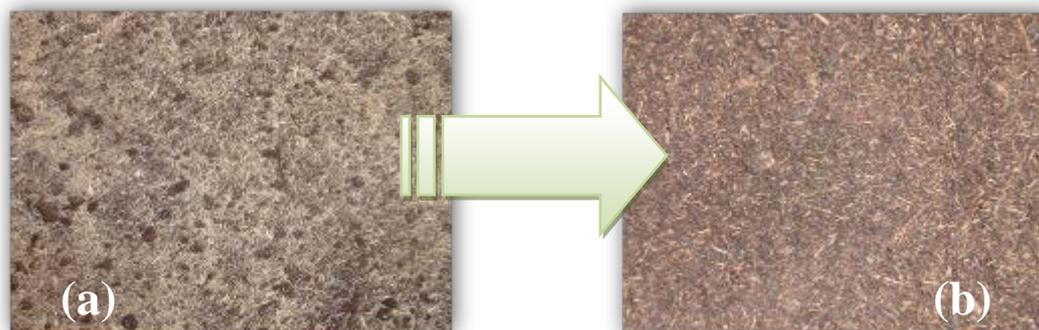
**Tabela 2 – Resíduos utilizados na condução da terceira batelada dos experimentos, analisando-se os parâmetros de relação C/N e de umidade.**

Material	Massa (kg)	Relação C/N	Umidade (%)
Lodo de Esgoto	3	0,05	57,19
Bagaço de cana-de-açúcar	1	91	5,07
Borra de pó de café	2,5	21	3,91
Água	1		100
<b>Total</b>	<b>7,5</b>		

## RESULTADOS DISCUSSÕES

Os dados obtidos através dos equipamentos foram analisados com seu início no dia 21 de junho de 2012, sendo que o consumo de oxigênio teve início somente em 27 de junho, quando foi acrescentado 50g de fertilizante solúvel, contendo nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) na proporção 20x20x20, o que acelerou a atividade bacteriana. A estabilização do composto, verificado a partir da estabilidade na taxa de consumo de oxigênio e, conseqüentemente o encerramento dos ciclos de purga e da coleta de dados do processo, ocorreu em 29 de julho, obtendo-se 31.375 linhas de dados.

Pode-se visualizar, através da Figura 7, o resultado físico obtido pelo processo na terceira batelada, observando que a massa do composto foi reduzida para 5,570 kg.



**Figura 7: Composto no início do processo compostagem (a) da terceira batelada e ao final do processo de co-compostagem de lodo de esgoto, bagaço de cana-de-açúcar e borra de pó de café (b):**

Na Tabela 3 são apresentados os dados obtidos nesta batelada, indicam o tempo gasto para que o consumo de  $O_2$ , a partir do início do processo, com percentual encontra-se apresentando o valor de aproximadamente 21% do total da mistura gasosa no interior do reator, sendo reduzido para o valor de até 3% dessa mistura, a partir do qual ativou-se manualmente a purga, isto é, a eliminação da mistura gasosa e a introdução de ar ambiente.

**Tabela 3– Tempo gasto para consumo do oxigênio existente no interior do reator em cada ciclo de purga.**

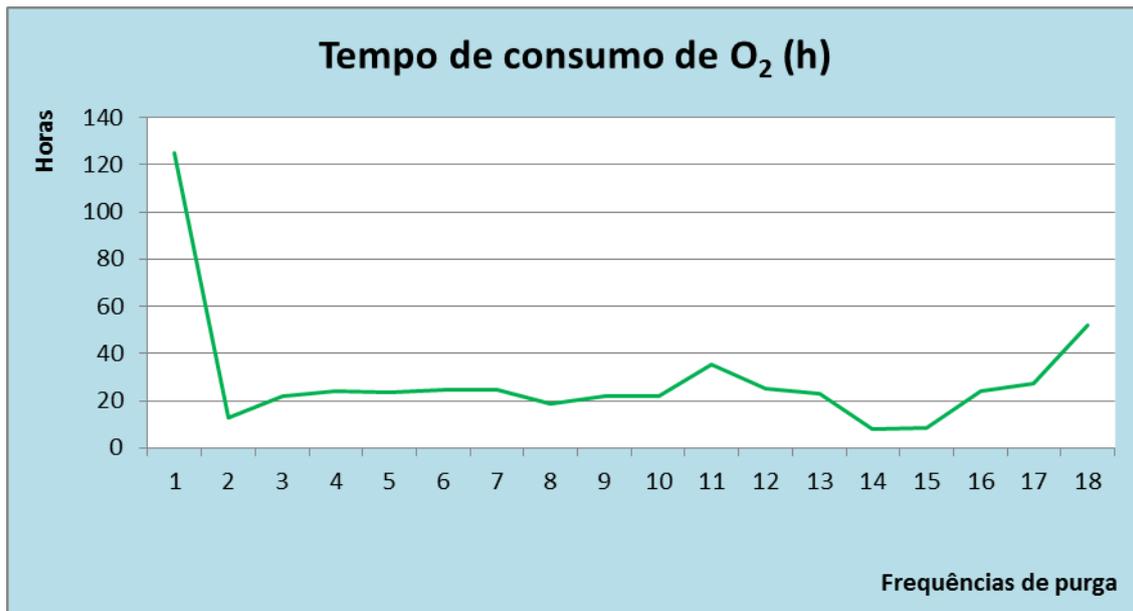
CICLOS DE PURGA	DATA DE ENCERRAMENTO	TEMPO (min)	TEMPO (h)	MINUTOS ACUMULADOS	HORAS ACUMULADAS
1	29.06	7508	125,13	7508	125,13
2	02.07	770	12,83	15016	250,27
3	03.07	1313	21,88	15786	263,10
4	05.07	1440	24,00	17099	284,98
5	06.07	1424	23,73	18539	308,98
6	10.07	1488	24,80	19963	332,72
7	11.07	1470	24,50	21451	357,52
8	12.07	1121	18,68	22921	382,02
9	13.07	1307	21,78	24042	400,70
10	17.07	1323	22,05	25349	422,48
11	19.07	2121	35,35	26672	444,53
12	20.07	1509	25,15	28793	479,88
13	21.07	1380	23,00	30302	505,03
14	22.07	480	8,00	31682	528,03
15	23.07	503	8,38	32162	536,03
16	25.07	1434	23,90	32665	544,42
17	26.07	1635	27,25	34099	568,32
18	29.07	3118	51,97	35734	595,57

Verificou-se que, no total, foram completados 18 ciclos de purga, no tempo total de 595,57 horas, em 39 dias de processo, com tempo médio de purga de aproximadamente 29h02min cada.

O Gráfico 1 apresenta o tempo de consumo de  $O_2$  com relação ao volume total de gases no interior do reator, para os intervalos entre cada uma das purgas. Verificou-se que para o período de 21 de junho a 29 de julho, isto é, no primeiro ciclo do processo, o tempo de consumo foi muito alto.

Através dos dados obtidos, obtemos o tempo gasto para que o consumo de  $O_2$ , a partir do início do processo, com percentual apresentando o valor de aproximadamente 21% do total da mistura gasosa no interior do reator, sendo reduzido para o valor de até 3% dessa mistura, a partir do qual ativou-se manualmente a purga, isto é, a eliminação da mistura gasosa e a introdução de ar ambiente.

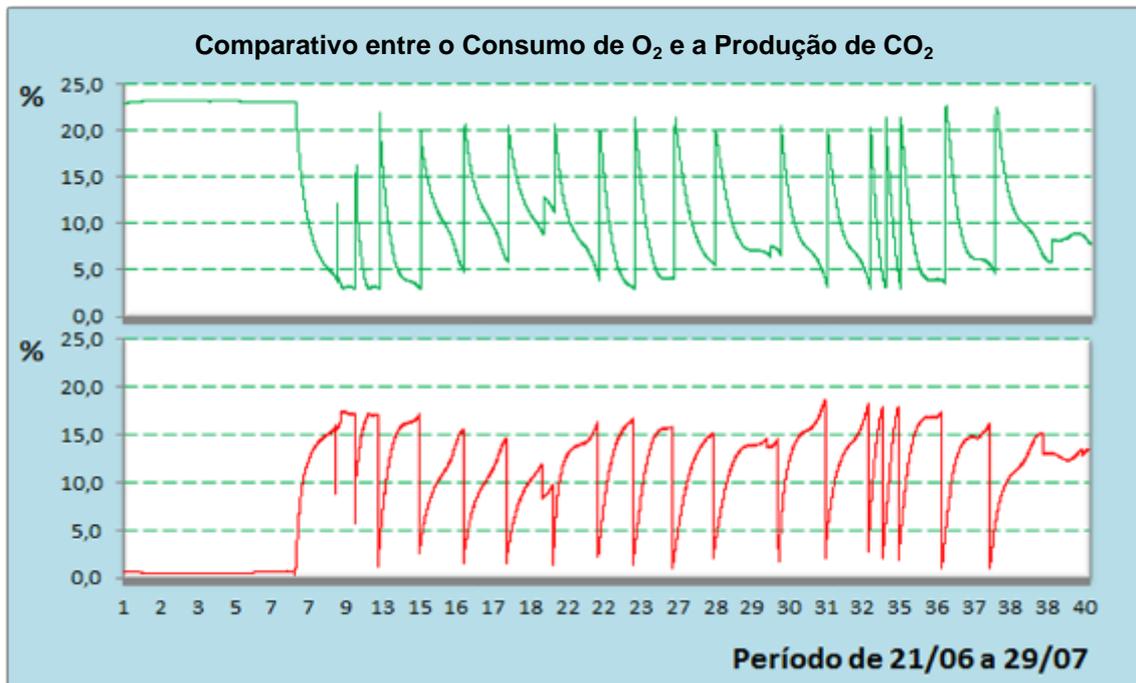
Foram completados 18 ciclos de purga, no tempo total de 595,57 horas, em 39 dias de processo, com tempo médio de purga de aproximadamente 29h02min cada, obtendo-se o tempo de consumo de  $O_2$  com relação ao volume total de gases no interior do reator, para os intervalos entre cada uma das purgas (Gráfico 1).



**Gráfico 1: Tempo gasto para consumo de  $O_2$  até que o mesmo atinja 3% do valor total dos gases dentro do reator.**

Verificou-se que para o período de 21 de junho a 29 de julho, isto é, no primeiro ciclo do processo, o tempo de consumo foi muito alto. Seguindo determinações de Akutsu *et al.* (2009), adicionou-se 50g de fertilizante NPK solúvel, na proporção 20x20x20, para que o processo de decomposição fosse agilizado. No último ciclo do processo o tempo gasto no consumo aumenta continuamente, período no qual, conclui-se, que ocorreu a estabilização na decomposição do composto.

Com os valores percentuais da presença de  $CO_2$  e  $O_2$  obtidos nas linhas de dados, e observando-as simultaneamente, obtem-se o Gráfico 2, que indica que a produção de  $CO_2$  é inversamente proporcional a produção de  $O_2$ , isto é, no momento em que a produção de  $CO_2$  atinge um baixo percentual é o consumo de  $O_2$  está apresentando um alto percentual e, no momento em que a produção de  $CO_2$  atinge um alto percentual é o mesmo momento no qual o consumo de  $O_2$  apresenta um baixo percentual.



**Gráfico 2 – Representação da relação obtida entre o progresso do consumo de O<sub>2</sub> e o progresso da produção de O<sub>2</sub>, obtidos a partir de cada linha de dados coletada.**

Ao final do período, verifica-se que as variações de ambos não estão mais com a mesma frequência do início do processo, indicando a estabilização do mesmo.

Os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) estão demonstrados na Tabela 4 em mg/kg, já que os resíduos encontram-se na fase sólida. Verifica-se as relações entre o consumo de oxigênio e a produção de gás carbônico, com as unidades de massa (gramas) e de volume (litros), em cada um dos 18 ciclos de purga que ocorreram durante o período de decomposição dos resíduos orgânicos, e que podem ser utilizados em projetos de dimensionamento de reatores em escala industrial.

Tabela 4– Massa e volume de O<sub>2</sub> consumido e massa e volume de CO<sub>2</sub> produzido em cada ciclo de purga.

CICLOS DE PURGA	DATA	% O <sub>2</sub>	% CO <sub>2</sub>	CONSUMO DE O <sub>2</sub> (gramas)	CONSUMO DE O <sub>2</sub> (litros)	PRODUÇÃO DE CO <sub>2</sub> (gramas)	PRODUÇÃO DE CO <sub>2</sub> (litros)	DBO - O <sub>2</sub> (mg/kg)
1	29.06	19,879	16,537	8,52	11,93	13,29	9,92	1311
2	02.07	6,508	5,778	2,79	3,90	4,64	3,47	401
3	03.07	17,144	15,360	7,35	10,29	12,34	9,22	1057
4	05.07	15,231	12,990	6,53	9,14	10,44	7,79	939
5	06.07	14,368	12,713	6,16	8,62	10,22	7,63	885
6	10.07	9,367	7,411	4,01	5,62	5,96	4,45	577
7	11.07	16,439	14,516	7,05	9,86	11,66	8,71	1013
8	12.07	16,989	14,481	7,28	10,19	11,64	8,69	1047
9	13.07	15,989	14,395	6,85	9,59	11,57	8,64	985
10	17.07	14,841	13,885	6,36	8,90	11,16	8,33	915
11	19.07	13,419	12,022	5,75	8,05	9,66	7,21	827
12	20.07	16,807	15,331	7,20	10,08	12,32	9,20	1036
13	21.07	17,263	15,383	7,40	10,36	12,36	9,23	1064
14	22.07	16,946	15,217	7,26	10,17	12,23	9,13	1044
15	23.07	17,327	15,931	7,43	10,40	12,80	9,56	1068
16	25.07	16,665	15,415	7,14	10,00	12,39	9,25	1027
17	26.07	15,111	14,501	6,48	9,07	11,65	8,70	931
18	29.07	12,301	9,692	5,27	7,38	7,79	5,82	758
<b>Total</b>				<b>116,83</b>	<b>163,56</b>	<b>194,11</b>	<b>144,93</b>	

O Gráfico 3 mostra a evolução da DBO no período de compostagem. Os valores de DBO, apresentados na Tabela 4.

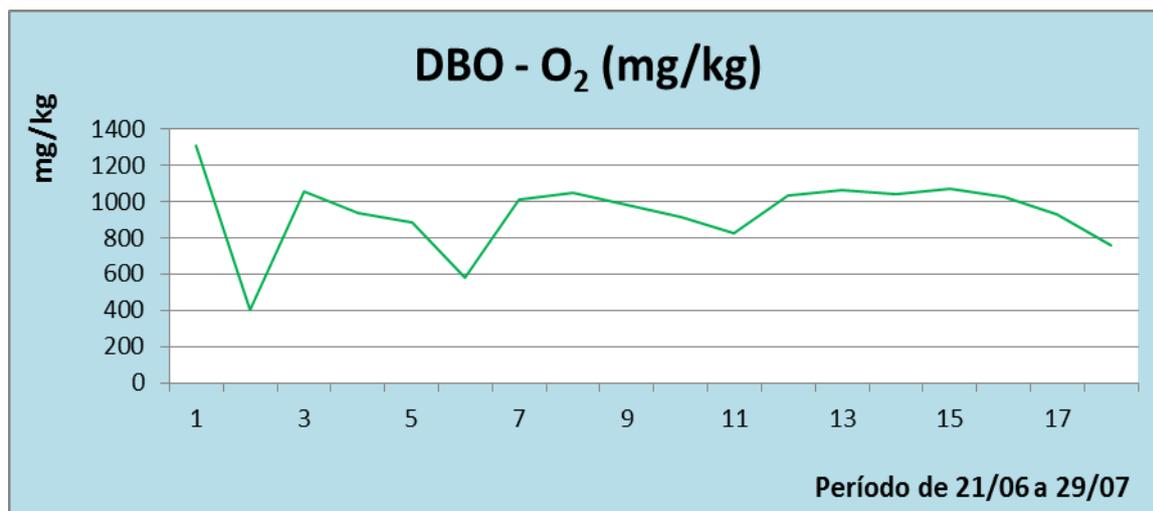


Gráfico 3 – Distribuição da DBO - demanda bioquímica de oxigênio durante o processo de compostagem.

Através do valor da DBO tem-se a vazão de gás oxigênio necessária para se decompor a matéria orgânica, assim pode-se calcular o tempo, e quantidade de gás para que ocorra a compostagem, ou seja, é possível fazer o dimensionamento de todo o processo e do reator a ser utilizado, e assim também, utilizar seus parâmetros para serem utilizados no processo em escala real.

## CONCLUSÕES

Com relação aos resíduos utilizados, a co-compostagem de lodo de esgoto com bagaço de cana de açúcar e borra de pó de café, demonstrou ser viável e importante ferramenta na destinação e tratamento destes resíduos, e o seu uso como composto agrícola apresenta vantagens ambientais, quando comparado a outras práticas de destinação final dos dois resíduos.

As avaliações do processo de compostagem tradicionais, através do meio sólido restringem-se basicamente a análise dos parâmetros de temperatura, que é aferida aleatoriamente em meio heterogêneo e intervalos de tempo de uma semana.

O método respirométrico, aliado ao reator rotativo, demonstrou ser uma ferramenta extremamente útil e confiável com relação às respostas que o mesmo pode fornecer no acompanhamento operacional e na avaliação do andamento progressivo do processo de degradação dos resíduos sólidos, uma vez que medições de parâmetros na fase gasosa, através da evolução temporal do consumo de O<sub>2</sub> e respectiva geração de CO<sub>2</sub>, demonstraram ser muito superiores em termos de representatividade, precisão e confiabilidade quando comparado ao método tradicional.

Por ser rotativo, existe um aumento na eficácia do processo, resultando em 36 dias o tempo necessário para a transformação dos resíduos em compostos. Nos processos tradicionais de compostagem, este período ficaria entre 60 a 90 dias.

A obtenção de 31.375 linhas de dados do método respirométrico, enquanto obteríamos por volta de 100 amostras nos métodos tradicionais, permitem sua utilização como parâmetros de projeto, operação e de controle do processo de compostagem, a serem utilizados no processo em escala real.

Contudo, o processo deve ser realizado de forma segura, utilizando-se da análise laboratorial, tanto para caracterização dos resíduos a serem co-compostados, quanto do composto obtido, permitindo produção de composto de qualidade, através dos diversos parâmetros de controle e dimensionamento do sistema (Rodríguez *et al.*, 2013).

Ressalta-se a necessidade de utilizar equipamentos de proteção individual, que garantam a integridade do manuseador do lodo de estação de tratamento de esgotos, visto o alto grau de contaminação que pode oferecer.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRAWAL, R.P.; SINGHAND, M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. Department of Botany, Banaras Hindu University, Varanasi, India. 2007.
2. AKUTSU J, MARTINS J.E.M.P., CASTILHO G.S., RENÓFIO A, ISA M.M., 2009. Avaliação e Controle Operacional de Processo de Compostagem de Resíduos Sólidos através de Método Respirométrico. In: XVI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru. Anais. 2009
3. BARRENA R.; TURET J.; A. BUSQUETS; FARRÉS M.; X. FONTE; SANCHEZ A. Respirometric screening of several types of manure and mixtures intended for composting. *Tecnologia Bioresource* , 102 (2), pp 1367-1377. 2011
4. BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Versão preliminar, 2012. Dispon. em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_arquivos/versao\\_preliminar\\_pnrs\\_wm\\_253.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/versao_preliminar_pnrs_wm_253.pdf)>. Acesso em: 05 março 2012.
5. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 2006. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Accessed November 25, 2012.
6. GEA, T.; BARRENA, R.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A.. Monitoring the Biological Activity of the Composting Process: Oxygen Uptake Rate(OUR), Respirometric Index (RI), and Respiratory Quotient (RQ) *Biotechnol. Bioeng.* 88.: 520-527. 2004.
7. KALAMDHAD, A.; PASHA M.; KAZMI A.. Stability evaluation of compost by respiration techniques in a rotary drum composter. *Resources Conservation and Recycling* , 54 829-834. 2008
8. KHIARI, B., MARIAS, F., ZAGROUBA, F., VAXELAIRE, J. Transient mathematical modelling of a fluidized bed incinerator for sewage sludge, *Journal of Cleaner Production*, Volume 16, Issue 2, Pages 178-191. 2008.



9. KIEHL, E. J. Manual de Compostagem - Maturação e Qualidade do Composto. Edição própria; Piracicaba, 1998.
10. LASARIDI K.E.; STENTIFORD E.I.. A simple respirometric technique for assessing compost stability. Water Res 32:3717– 3723. 1998.
11. PETIOT, C.. Composting in a Laboratory Reactor: A Review. Compost Science & Utilization,v.12, n.1, p.69-79. 2004.
12. RODRÍGUEZ, N.H.; MARTÍNEZ-RAMÍREZ, S.; BLANCO-VARELA, M.T.; DONATELLO, S; GUILLEM, M; PUIG J.; FOS, C; LARROTCHA, E; FLORES, J. The effect of using thermally dried sewage sludge as an alternative fuel on Portland cement clinker production, Journal of Cleaner Production, Volume 52, Pages 94-102. 2013.
13. SAER, A.; LANSING, S.; DAVITT, N.H.; GRAVES, R.E.. Life cycle assessment of a food waste composting system: environmental impact hotspots, Journal of Cleaner Production, Volume 52, Pages 234-244. 2013.
14. SCAGLIA, B.; ERRIQUENS, F.G.; GIGLIOTTI, G.; TACCARI M.; CIANI M.; GENEVINI, P.L.; ADANI, F. Precision determination for the specific oxygen uptake rate ( SOUR ) method used for biological stability evaluation of compost and biostabilized products. Università degli Studi di Milano , Università di Perugia , Università Politecnica delle Marche, Italia. 2005.